

从文献分析看物理学科领域的发展重点^{*}

谭宗颖[†]

(中国科学院文献情报中心 北京 100080)

摘 要 文章从文献分析的角度,首先研究了美国、英国政府确定的物理学重点研究领域,其次利用美国科学情报研究所的科学引文热门论文数据库,分析了世界物理学及其交叉学科的热点、新兴的研究前沿和快速突破的领域,最后,提出了分析总结意见。

关键词 物理学研究重点,文献研究,科学引文分析

MAJOR DEVELOPMENTS IN PYHSICS RESEARCH BASED ON DOCUMENTS ANALYSIS

TAN Zong-Ying

(Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract From the perspective of document analysis, we survey the major research fields of physics defined by the governments of the US and the UK and then analyze the chief fields, emerging research fronts and fast moving fields of physics and its interdisciplinary studies by making use of the databases of the Institute for Scientific Information of the US. The final part is the conclusion and proposal based on the analysis.

Key words major fields in physics research, document analysis, science citation analysis

物理学的研究范畴很广,从夸克到宇宙,从宇宙大爆炸到宇宙的终结,包含了所有的时间尺度和空间尺度。其分支学科涉及诸多方面的内容,因此选择或判定学科发展的重点领域是较为艰巨的。学科重点发展领域的选择实际上是一个科学评价的过程。本文介绍了国外政府确定的物理学重点领域,并根据美国科学情报研究所的科学引文数据,定量分析了世界关注的物理学热门研究领域以及当前世界物理学发展的重点和发展趋势。

1 国外政府确定的优先发展领域

物理学是许多科学学科,如化学、生物学、地球科学和工程等学科的基础。物理学的研究成果涉及到人们的日常生活。社会财富的增长、经济的全球化、生命的质量和生活的标准在很大程度上依赖技术进步,技术进步又在很大程度上依赖物理学的创新研究。上个世纪如此,新世纪更是如此。因此,各国

政府非常重视物理学的发展,在新世纪纷纷制订物理学的发展计划,采取一些新的创新举措。

1.1 英国^[1]

2000年,英国组建了一个旨在评价英国物理学和天文学研究的国际研究评价专家组,该专家组由德国、法国、比利时和美国的大学、研究机构的有关专家组成。该专家组是由工程与物理科学研究委员会(EPSRC)、粒子物理与天文研究委员会(PPARC)等英国政府部门,以及英国物理学会(IoP)和英国皇家天文学会(RAS)两个代表英国科学研究的权威机构共同赞助支持的。专家组将提交有关英国物理学研究的持续性、平衡发展和潜力的报告,并提供英国与国际物理学和天文学发展的比较研究。专家评价的物理研究覆盖英国的所有物理科学预算的范围,

^{*} 中国科学院基础局经费资助项目
2002-07-03 收到初稿 2002-08-19 修回
[†] 通讯联系人, E-mail: tanzy@mail.las.ac.cn

包括英国的大学、政府研究机构、实验室和国际研究设施等所有物理学及其相关的研究领域。专家的报告将对英国政府确定未来的物理学研究提供战略支撑。

专家组对英国的物理学研究提出的评价：

英国物理学和天文学研究方面总的说来处于世界的高水平，然而英国物理学研究的质量与世界杰出的研究相比显著下降。造成此现状的很大原因是缺乏资源，另一重要原因是英国物理学研究的某些重要分支学科的覆盖深度不足。因此，抓住新的机会对英国提高物理学研究水平是非常重要的。

1.1.1 凝聚态物理

英国在凝聚态物理方面仍然保持稳定的研究，在聚合物和聚合物光子学、磁学（尤其是磁性薄膜）、循环极化同步辐射和电子发射显微镜的应用、低温物理和超导、Ⅲ－Ⅴ族半导体的生长和结构等方面的研究水平是世界公认的。

英国在凝聚态物理方面仍有许多重要的领域未探索，总的说来，凝聚态研究呈下降趋势。英国在表面科学研究方面的力量不太强，在分子和纳米材料方面的研究呈现潜在的弱势，对新兴的磁电子领域才刚刚认识还未展开研究。这些领域正是凝聚态物理领域中迅速发展的领域，也是世界广泛关注的领域。

专家组认为，在凝聚态物理方面的研究只要切实加强学科间的紧密合作，尤其是加强物理学与工程、化学学科、生物学和信息技术等的合作，就很有希望取得高质量的研究成果。然而，在英国很少有像美国那样具有优秀的跨学科合作研究的传统。专家组认为，英国的物理学界应当采取积极的措施，在凝聚态物理的快速发展领域发挥重要的作用，否则将会错失良机。

1.1.2 原子、分子、光和等离子体物理

英国在光谱学、原子与分子理论和碰撞等方面有较强的研究传统。然而，原子物理因激光冷却和原子阱或离子阱的出现而使原子物理发生了革命，其中包括原子光学的发展、原子玻色－爱因斯坦凝聚的创立以及超短光脉冲源的出现等。英国因热衷于传统的原子分子物理的研究而忽视了原子物理所经历的革命，从而从原子和分子物理研究等方面的世界领导地位上滑落下来。

英国对实验量子光学研究得很少，对理论量子光学研究稳定支持，尽管从事这些研究的国家已非常少。量子信息和量子计算是新兴的领域，英国在这些方面的理论研究走在世界前沿。但是从实验研

究来看，英国在量子密码方面的先驱研究、利用离子阱从事的研究活动才开始不久。应当注意，量子信息技术是在光学、原子物理和与计算机科学密切联系的固体物理的交汇处的跨学科研究的极好例子。英国应把握好这样的机会以增强未来的研究实力。

专家组认为，世界上的主要国家普遍认为光子学和光学是未来的关键技术，在国际竞争的环境下，英国应当试图力争在有发展前景的研究领域里的强势地位。

1.1.3 英国到2004年的物理学研究重点

英国科学技术办公室在《科学研究的重点》（2001—2002至2003—2004年）中确定了英国今后的科学研究重点，其中由英国工程与物理科学研究委员会（EPSRC）确定的物理学研究重点如下：

（1）支持工程与物理科学研究委员会（EPSRC）范围内涉及的世界一流的杰出的物理学活动，增设物理学所需的专门的清洁实验室和尖端的测试设备；

（2）提供支撑高质量的物理学研究活动及其与其他学科的交叉；

（3）增强跨学科的机会，尤其是与生命科学、卫生和工程科学有关的物理学；

（4）随着信息技术、计算机科学和材料科学的发展，需要支持光子学研究，支持从基础物理学研究到器件和系统研究等方面的均衡发展；

（5）支持世界水平的杰出的材料科学与工程研究；

（6）促进材料处理（与工程相结合）研究；

（7）促进前瞻性的材料模拟（从材料复合到最终的性能）研究；

（8）促进纳米技术的研究，促进多委员会的跨学科研究合作（IRCs），鼓励其他研究机构的合作研究。

1.2 美国^[2]

美国国家科学基金会2002年1月制订了物理前沿中心（PFC）计划。物理学前沿研究中心的目的是支持具有能引起物理学的重大进步，进而引导其他领域的进步，并使社会受益的具有潜力的、及时的、前瞻性的研究。

科学知识前沿的发展，尤其是物理学的进步，对国家的兴旺、国家的财富和国防等都是极为重要的。美国在物理学方面的重要进步得益于各种研究模式：从单个研究人员或几个研究人员的研究小组到数百个研究人员组成的大型合作研究。业已证明，小型的研究组织

是新思想和新创意的重要源泉.而涉及大规模工具的某些问题需要大型合作研究组织来解决,如粒子加速器、大型的对撞机、引力波探测器、卫星观测站等.探索科学发现这一层次的研究模式日益重要,它的研究模式是中等规模的合作研究,这种合作涉及不同学科、不同技能的人才的组合,共享基础设施和共同参与研究中心开展的各种活动.物理学前沿中心计划正是出于这样的研究模式提出的.

物理学前沿研究中心主要支持具有一定规模和复杂性的物理学前沿研究,而这些是研究人员个人和小型的研究小组以往所不能达到的,前沿中心为大学的研究人员提供必需的、先进的研究设施,旨在形成引导新创意、新发现或在物理学及其交叉学科和新兴的研究领域取得重大进步的科研中心.物理学前沿中心的研究领域涉及物理学的分支学科或科学和工程领域的其他学科,如:原子物理、分子物理、光学、等离子体、基本粒子、核物理、天体物理、地球物理、跨学科物理研究及其新兴的物理领域.其中跨学科物理研究是指物理学与其他学科的交叉学科,如生物物理、量子信息科学、数学物理等.

由于物理学前沿研究中心所研究的是知识前沿问题,因此这些专门中心的规模不宜过大,应保持小型化和专门化,每个物理学前沿研究中心将有所不同,需精心选择物理学的发展目标.

成功的物理学前沿中心应具备如下特征:汇集不同学科和不同技能的优秀人才;配备了物理学取得重大进步所需要的设施;聚集各种研究小组,大学的不同系,多个研究机构等以取得物理学的进步;提供能使物理学前沿中心取得进步所需的专门的、基础结构,这往往涉及的学科领域较广;为学科带头人和学生提供上乘的研究环境和组织机构,使他们在物理学的新兴领域、新的跨学科领域、重要的应用领域或对物理学研究具有战略重要性的设施等领域施展才能;以前沿中心为核心创建能促进教育、研究多样性和创新的计划.

单个物理学前沿中心接受的资助每年约为50—400万美元,平均资助金额为200万美元,为期5年.2002年财政年度资助3—5个物理学前沿中心.

最大限度的灵活性是物理学前沿中心设计的基础.物理学前沿中心将通过国家科学基金会的人才考绩制和广泛的影响力两个标准来评价.

2 物理学热门论文和前沿领域^[3,4]

2.1 热门论文

美国科学情报研究所每两个月出版一组新的热门科学论文.热门论文的选择依据是:在每两个月出版的论文中,论文根据被引频次排序,按0.1%的比例选择被引频次最高的论文作为热门论文,选择热门论文所包含的学科大类是由ISI选择的22个学科领域,而且期刊源必须是在最近两年出版的.因为热门论文每两个月将更新一次,新论文将随着更新而加入数据库.

ISI从22个领域中的每个领域选择被引频次最高的一篇作为新热门论文,出版时间不超过一年.因此,新的热门论文对当前的认识起非常重要的作用,它们可作为一流的科学进步的指标,揭示学科发展的新趋势.

ISI在2002年1月至2002年3月每两个月一期的热门论文中,涉及物理学及其交叉学科的内容如下:

涉及的研究领域有:对冷暗物质的研究(美国的研究人员发表在2000年4月期Phys. Rev. Lett.上的《自相互作用的冷暗物质的观测证据》一文);宇宙学常数(韩国研究人员发表在2000年3月期Phys. Rev. D上的《Randall-Sundrum致密性中的暴胀和规范分层》一文);光谱测量法(澳大利亚研究人员发表在3月期Mass Spectrometry Reviews上的《飞行质量测谱术的直角加速时间》一文);用于电子和光电子器件的有机材料(日本研究人员发表在2000年Material Chemistry刊物上);复合半导体纳米线材的普通合成(美国研究人员发表在2000年2月期的Advance Material刊物上).

2.2 快速突破的领域——刚开始热的领域

快速突破的领域由快速突破的论文确定的主题来定.美国科技情报研究所ISI列出了22个科学领域的高引文数,在1991—2000年每年的每个领域的高引文数的1%的论文组成的集合中,在两个月一次的更新周期中,所在领域里百分比增加最大的论文称为“快速突破的论文”,它们代表了近期开始吸引科学界注意的科学产出.

ISI在2001年10月至2002年2月每两个月一期的热门论文中的快速突破的论文,涉及物理学及其交叉学科的内容如下:

2.2.1 物理学领域

涉及的研究领域有:研究弦场论[南非研究人员在2000年6月的Phys. Lett. B上发表的《在开弦场理论中的团块和p维膜》一文(482卷,249—254页)];引力[美国哈佛大学的研究人员在2001年4月15日的Phys. Rev. D上发表了《AdS/CFT和引力》一文(6308卷,4017页)];钇钡铜氧($\text{HoBa}_2\text{Cu}_2\text{O}_8$)高温超导体(瑞士和法国的科学家合作研究,在2000年2月28日的Phys. Rev. Lett.上发表了“大同位素对钇钡铜氧($\text{HoBa}_2\text{Cu}_2\text{O}_8$)高温超导体中假空隙的影响”一文]。

2.2.2 物理学的交叉学科领域

研究领域涉及碳纳米管材料的处理(爱尔兰、德国、西班牙和美国等国的研究人员合作,在2000年的Advance Material期刊上发表的《利用功能有机聚合物对碳纳米管与旋转分层石墨的相分离》一文);薄膜的制备[瑞士的研究人员发表在New Diam. Carbon Technol.(1999年第9卷)杂志上发表的《合成硼酸金刚石薄膜电极的电化学行为》一文];

研究领域涉及磁电子存储的持续性问题(美国华盛顿的USN研究实验室的研究人员在2000年2月(37卷第2期)的IEEE Spectrum杂志上发表的《磁电子存储的持续性》一文);涉及分子及其团簇研究(阿根廷的研究人员发表在2000年的4月Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res. B期刊上的《分子及其团簇的能量丢失将停止》一文);

研究领域涉及地球物理试验(德国马普化学所的研究人员发表在2000年5月期Geophysical Surveys上的《低覆盖物和核心物质的高压试验和相图》一文);涉及大气物理研究领域,如美国的研究人员有关在太阳和天空背景辐射测量下的气溶胶粒子的光特性的精确评价等问题的研究(发表在2000年的Journal of Geophysical Research—Atmospheres期刊上)。

2.3 最活跃的前沿

由ISI引文数增长最快的论文的集合为研究前沿论文。最活跃的前沿是在两个月更新一次的期刊中,从上一期到下一期在各自的领域里的核心论文数百分比增长最快的论文的集合。

ISI在2001年12月至2002年3月每两个月一期的最活跃的前沿论文中,涉及物理学及其交叉学科的有关研究内容如下:

2.3.1 物理学领域

包括:等离子体的强耦合,等离子体声波,等粒子晶体,超标准模式的物理学和新物理学的模式,

单晶的铁电相,四角形到单晶的相变(研究perovskite固态溶解的铁电相)。

2.3.2 物理学的交叉学科领域

(1)热障碍涂层,铂铝/电子束物理汽相淀积热障碍涂层(研究热障碍涂层的失效机制)。

(2) SmFeO_3 厚薄膜,半导体砷化镓传感器,气体传感器(研究用于气体传感器的 SmFeO_3 厚薄膜)。

(3)单壁碳纳米管,可溶解的多包覆碳纳米管,碳纳米管/聚合物复合材料(研究碳纳米管、复合材料和聚合物的界面粘合)。

(4)铁磁弱半导体Ga1-XMNXAS,弱磁性半导体的铁磁性(弱铁磁半导体的理论研究与设计)。

2.4 新兴的研究前沿

在ISI两个月更新一次的热门论文中,在22个主要领域中首次出现的研究主题为研究前沿,由核心论文组成的新兴的研究前沿论文是以往任何一期均未出现的主题,将这些论文称为“新兴的研究前沿”。

ISI在2001年9月至2002年2月每两个月一期的新兴的研究前沿中,涉及物理学及其交叉学科的有关研究内容如下:

热双轻子辐射(法国国家科学研究中心对时空演变的火球模型的热双轻子辐射观测);用于光探测器的金刚石薄膜的化学汽相淀积;磁致电阻氧化物的格子极化子;用于光电探测器的量子点纳米结构;利用量子力学设计密码系统;非平衡态统计物理学;控制聚合物大块薄膜的结构;双层量子霍尔铁磁物质(并行电子系统间的层间隧道电导率);弱电高能过程;大玻色交换的Sudakov双对数。

3 物理学学科发展动态

激光化学与物理将是下一个前沿。原子和分子与光是怎样相互作用的?人们也许认为现代先进的激光显微镜就可回答这个问题。然而,超短、超强脉冲激光引导人们的认识仍然是光与物质的相互作用。如所周知,超短脉冲激光可在飞秒时间尺度实时研究分子过程。然而,最新的研究表明,超短脉冲激光具有极度的高强度,在大学实验室,激光场可高达 $10^{15}\text{W}/\text{cm}^2$ 。

4 几点简要分析

(1)美国建立物理学前沿中心实际上是通过研

表 1 物理学前沿热门领域*

热门前沿领域	快速突破的前沿领域	最活跃的前沿领域	新兴的研究前沿领域
凝聚态物理	凝聚态物理	凝聚态物理	凝聚态物理
电子和光电子	钛钡铜氧高温超导体	单晶体(相变)	磁致电阻
光学	磁电子存储	铁电相	薄膜结构
光谱测量	理论物理	半导体的铁磁性	量子点纳米结构
天体物理	弦场论	弱铁磁半导体理论	双层量子铁磁物质
冷暗物质的观测	引力	砷化镓传感器	量子信息
材料物理	原子分子物理	等离子体物理	密码设计
半导体纳米线的合成	分子团簇	等离子体耦合	理论物理
	材料物理	材料物理	非平衡态统计物理学
	碳纳米管处理	单壁碳纳米管	粒子物理
	薄膜制备	碳纳米管复合材料	热双轻子辐射
	物理化学	物理汽相沉积热障	
	薄膜的电化学	碍涂层	
	地球物理		
	地球物理试验(相图)		
	大气物理		
	气溶胶的光特性		

* 数据源 SCI

究体制的创新,汇集不同学科、不同技能的人才,共享基础研究设施,从事跨系、跨机构的中等规模的合作研究,旨在引导新创意、新发现、或在物理学及其交叉学科和新兴的研究领域取得重大进步。

(2)英国物理研究的水平显著下降,很重要的原因是英国物理研究的某些重要分支学科的覆盖深度不足。如英国因专注于传统的原子分子物理的研究而忽视了原子物理所经历的革命,如原子光学、原子玻色-爱因斯坦凝聚等的发展,从而使其从原子和分子物理研究等方面的世界领导地位上滑落下来。缺乏跨学科研究机制,使英国在分子和纳米材料方面的研究呈现潜在的弱势。抓住科学发展的新契机对英国提高物理研究水平非常重要。英国的教训值得深思。

(3)如上所述,可将物理学前沿热门论文等所涉及的领域归纳如表 1 所示。

(4)凝聚态物理是物理学中最热门的学科,它往往是多分支学科的交叉,其中的高温超导体仍然较热。纳米科技是世界所关注的热门领域。在 1991—2000 年,我国纳米技术的论文数居世界第 4

位(3168),仅落后于美国(9993)、日本(4251)和德国(3579)。

(5)文中的物理学前沿热门领域只是从引文分析的角度得到的结果,只能从某个侧面反映世界物理学及其交叉学科的发展情况,而学科发展的重点还应考虑专家和同行评议以及政府和社会发展等诸多方面的因素。

参 考 文 献

[1] EPSRC. Science Research Priorities, 2001—2002 to 2003—2004, UK, OST, 2001(注:这是英国科学政策办公室工程与物理学研究会(EPSRC)的研究报告,报告名为:2001—2002 到 2003—2004 年的科学研究重点领域,英文名为:Science Research Priorities, 2001—2002 to 2003—2004, 由英国科学政策办公室出版)

[2] <http://www.nsf.org>

[3] <http://www.isinet.net>

[4] <http://wos.isiglobalnet.com>

[5] Kaoru. Science, 2002, 295: 1659

(注:文献[2]为美国国家科学基金委员会的网址;文献[3]和[4]为美国科学情报研究所的两个数据库的网址)